



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift

⑩ DE 102 04 994 A 1

⑤① Int. Cl.⁷:
G 02 B 27/10
G 02 F 1/00

②① Aktenzeichen: 102 04 994.7
②② Anmeldetag: 5. 2. 2002
④③ Offenlegungstag: 21. 8. 2003

⑦① Anmelder:
XTREME technologies GmbH, 07745 Jena, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Oehmke und Kollegen, 07743 Jena

⑦② Erfinder:
Kleinschmidt, Jürgen, Dr., 06667 Weißenfels, DE;
Stamm, Uwe, Dr., 37085 Göttingen, DE

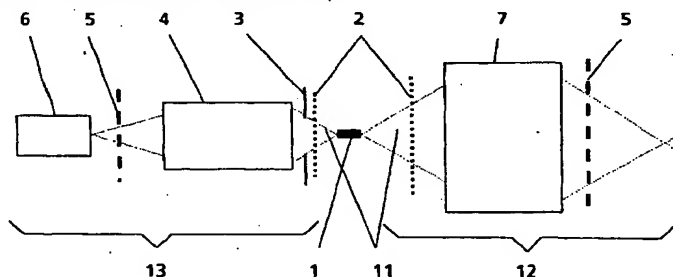
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Anordnung zur Überwachung der Energieabstrahlung einer EUV-Strahlungsquelle

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung der Energieabstrahlung einer EUV-Strahlungsquelle bezüglich der in einem Beleuchtungsstrahlengang wirksamen Energieschwankungen, insbesondere für die Steuerung der Dosisstabilität in der EUV-Lithographie zur Chipherstellung in der Halbleitertechnologie.

Die Aufgabe, eine neue Möglichkeit zur Detektion von Schwankungen der emittierten Strahlung von EUV-Quellen zu finden, die sowohl die Erfassung von Fluktuationen der Impulsenergie als auch von im Beleuchtungsstrahlengang wirksamen räumlichen Fluktuationen gestattet, wird erfindungsgemäß bei einer Strahlungsquelle, die eine extrem ultraviolette Strahlung emittierende Plasmasäule aufweist, dadurch gelöst, dass bezüglich der Plasmasäule ein vom Beleuchtungsstrahlengang separierter Detektionsstrahlengang mit einer Energiemonitoreinheit zur Impulsenergiemessung vorhanden ist, so dass der Beleuchtungsstrahlengang durch die Energiemessung nicht beeinträchtigt ist, und der Detektionsstrahlengang bezüglich Bündelausdehnung und optischen Verlusten an den Beleuchtungsstrahlengang angeglichen ist.



DE 102 04 994 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung der Energieabstrahlung einer EUV-Strahlungsquelle bezüglich der in einem Beleuchtungsstrahlengang wirksamen Energieschwankungen, insbesondere für die Steuerung der Dosisstabilität in der EUV-Lithographie zur Chipherstellung in der Halbleitertechnologie.

[0002] Zur Herstellung von Mikrochips werden momentan neben speziellen Lampen Schmalbandexcimerlaser bei den Wellenlängen 248 nm und 193 nm als Strahlungsquellen eingesetzt. In der Entwicklung sind derzeit Scanner auf der Basis von F₂-Lasern (157 nm).

[0003] Allen photolithographischen Verfahren ist gemeinsam, dass in dem sogenannten Scanner eine Maske (diese enthält die abzubildende Struktur) verkleinert (typisch 1:5) auf einen Wafer (Halbleiterscheibe) abgebildet wird. EUV-Strahlungsquellen (um 13,5 nm) scheinen die aussichtsreichste Lösungsvariante für die nächste Generation der Halbleiter-Lithographie zu sein. Die Bildqualität der photolithographischen Verfahren wird neben den Eigenschaften des optischen Systems (numerische Apertur, Schärfentiefe, Abbildungsfehler der Linsen bzw. Spiegel) wesentlich dadurch bestimmt, wie genau die eingestrahlte Strahlungs-dosis (dose accuracy) eingehalten werden kann. Diese Dosisstabilität wird bestimmt durch:

- a) Impuls-Quantisierung
- b) Puls-zu-Puls-Stabilität
- c) Räumliche Stabilität des emittierenden Volumens

[0004] Die Impuls-Quantisierung ist scannerspezifisch. Die Anzahl von Lichtimpulsen, die während des Scans in einen bewegten Spalt (moving slit) fallen können, variiert. Dieser Beitrag kann aber meist vernachlässigt werden.

[0005] Die Beiträge b und c sind spezifisch für die EUV-Strahlungsquelle selbst. Nützlich wäre eine Anordnung, die räumlichen Fluktuationen des emittierenden Gebietes bei der Impulsenergieregulierung unterbindet oder geeignet berücksichtigt.

[0006] Der Durchsatz eines photolithographischen Scanners (throughput = Anzahl der pro Zeiteinheit belichteten Wafer) wird wesentlich bestimmt durch die Impulsenergie und die Impulsfrequenz der Strahlungsquelle sowie durch optische Verluste im Scanner selbst. Optische Verluste entstehen durch das beschränkte Reflexionsvermögen von Kollektor und Spiegeln sowie sogenannte geometrische Verluste. Der Betrag der Strahlungsleistung, der von der Kollektoroptik eingefangen werden kann, wird durch eine strahlungsquellenspezifische "Größe", die sogenannte Quellen-Etendue (Größe des emittierenden Gebietes [mm²] x nutzbarer Raumwinkel [sr]) definiert. Die Etendue wird dabei genau genommen durch die Gesamtgeometrie der Strahlungsquelle, durch die Dimension des Quellortes, etwaige Austrittsfenster und die Apertur der nachfolgenden Optik bestimmt. Die Größe Etendue legt auch fest, wie viel Strahlung durch ein nachfolgendes optisches System erfasst werden kann. Des Weiteren stellt die Etendue ein Maß für die durch die geometrischen Verhältnisse der Strahlungsquelle gegebenen Strahlungsverluste (geometrische Verluste) dar. [0007] Zur Vermeidung von geometrischen Verlusten darf die Quellen-Etendue nicht größer als die Etendue des abbildenden Systems im Scanner sein, wie M. Antoni et al.: Illumination optic design for EUV Lithography, (in: Proc. of SPIE, Vol. 4146, Aug. 2000) beschreiben. Kann dies erfüllt werden, so ist die Strahlungsleistung in der Waferebene nur noch von den Reflexionsvermögen der Spiegel abhängig. Eine Regelung der Impulsenergie würde die Detektion der

selben auf Basis ihrer strahligen Messung (Überwachung) mit einem Strahlungsdetektor erforderlich machen.

[0008] Die Scanneroptik benötigt jedoch eine hinsichtlich der Winkelverteilung isotrope Strahlungscharakteristik. Deshalb ist eine lichtauskoppelnde Spiegeloptik, um wenigstens einen Teil der Strahlung auf einen Energiedetektor auszukoppeln, im Beleuchtungsstrahlengang nicht erwünscht. Aus diesem Grund werden bisher bekannte EUV-Strahlungsquellen üblicherweise unregelmäßig betrieben, da Messungen bei laufendem Betrieb den Energiefluss beeinträchtigen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Möglichkeit zur Detektion von Schwankungen der emittierten Strahlung von EUV-Quellen zu finden, die sowohl die Erfassung von Fluktuationen der Impulsenergie als auch von im Beleuchtungsstrahlengang wirksamen räumlichen Fluktuationen gestattet.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Anordnung zur Überwachung der Energieabstrahlung einer EUV-Strahlungsquelle bezüglich in einem Beleuchtungsstrahlengang wirksamer Energieschwankungen, wobei die Strahlungsquelle eine extrem ultraviolette Strahlung emittierende Plasmasäule aufweist, dadurch gelöst, dass bezüglich der Plasmasäule ein vom Beleuchtungsstrahlengang separierter Detektionsstrahlengang mit einer Energiemonitoreinheit zur Impulsenergiemessung vorhanden ist, so dass der Beleuchtungsstrahlengang durch die Energiemessung nicht beeinträchtigt ist, und der Detektionsstrahlengang bezüglich Bündelausdehnung und optischer Verluste an den Beleuchtungsstrahlengang angeglichen ist.

[0011] Vorteilhaft ist der Detektionsstrahlengang bezüglich der Plasmasäule entgegengesetzt zum Beleuchtungsstrahlengang angeordnet. Die beiden separaten Strahlengänge werden zweckmäßig aneinander angepasst, indem die Etendue des Detektionsstrahlenganges mittels einer Blende mit definierter Öffnung an die Apertur der ersten Kollektoroptik des Beleuchtungsstrahlenganges angeglichen wird. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Apertur der Blende einstellbar ist.

[0012] Vorzugsweise werden alle im Beleuchtungsstrahlengang erforderlichen Filter in gleicher Art und Anzahl im Detektionsstrahlengang angeordnet. Dies sind vorzugsweise Debris-Filter und Filter zur Erreichung spektraler Reinheit der Strahlung (Spektralfilter).

[0013] Die Energiemonitoreinheit kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden.

[0014] In einer ersten Variante kann sie so gestaltet sein, dass sie einen Energiedetektor, der mit seiner lichtempfindlichen Fläche vollständig innerhalb des von der Reflexionsoptik des Detektionsstrahlenganges übertragenen Lichtbündels angeordnet ist, sowie einen zweiten Detektor aufweist, dessen lichtempfindliche Fläche vom Randbereich des Lichtbündels des Detektionsstrahlenganges nur teilweise beleuchtet ist, so dass Schwankungen der Lage des Lichtbündels infolge von Fluktuationen der räumlichen Verteilung der emittierten EUV-Strahlung quantifizierbar sind. Dazu wird ein wesentlicher zentraler Teil des Lichtbündels zweckmäßig mittels eines ebenen Spiegels auf den Energiedetektor abgelenkt, wobei der Energiedetektor entlang der abgewinkelten optischen Achse der Reflexionsoptik angeordnet ist. Damit ist die Etendue des Beleuchtungsstrahlenganges im Detektionsstrahlengang mittels einer Aperturblende und der effektiven Fläche des ebenen Spiegels nachgebildet (simuliert), wobei der Energiedetektor eine Energiefluktuation registriert, wie sie auf dem Zielobjekt (Wafer) im Beleuchtungsstrahlengang wirksam wird. Infolge von räumlichen Fluktuationen der Plasmasäule können Strahlungsanteile am Spiegel vorbeigehen, die somit den Ener-

giedetektor verfehlen und von dem zweiten Detektor hinter dem Spiegel als gesamte räumliche Strahlungsschwankung detektiert werden.

[0015] Der Spiegel ist vorzugsweise ein Mehrschichtspiegel, der das Lichtbündel orthogonal zur Achse der Reflexionsoptik ablenkt, kann aber auch ein Metallspiegel mit streifendem Lichteinfall sein.

[0016] Eine weitere Gestaltungsmöglichkeit für die Energiedetektoreinheit enthält vorteilhaft einen positionsempfindlichen Empfänger zur gleichzeitigen Detektion von Schwankungen der Gesamtimpulsenergie und der räumlichen Verteilung der emittierten EUV-Strahlung, wobei die Gesamtimpulsenergie durch Summenbildung und die räumliche Verteilung durch Schwerpunktberechnung aus unterschiedlichen Segmenten des Empfängers ermittelbar sind. Dabei ist der positionsempfindliche Empfänger vorzugsweise eine Quadrantendiode.

[0017] Der Grundgedanke der Erfindung basiert auf der Überlegung, dass zur Einhaltung einer isotropen Strahlungsscharakteristik einer EUV-Quelle, wie sie beispielsweise in der Halbleiter-Lithographie unverzichtbar ist, eine Regelung auf Basis ständiger Impulsenergiemessung erforderlich ist. Das besondere Problem, dass infolge der Energieauskopplung für diese Messaufgabe die isotrope Strahlungsscharakteristik des Beleuchtungsstrahlenganges zusätzlich gestört wird, konnte gemäß der Erfindung umgangen werden, indem bezüglich der Plasmasäule der Detektionsstrahlengang separat (vorzugsweise entgegengesetzt) zum Beleuchtungsstrahlengang angeordnet wird und sämtliche Verhältnisse der Eingangsapertur und der optischen Verluste des Beleuchtungsstrahlenganges auf den Detektionsstrahlengang übertragen werden. Dabei wird die EUV-Quellen-Etendue des Beleuchtungsstrahlenganges durch eine definierte Blende vor der Reflexionsoptik des Detektionsstrahlenganges simuliert. Dadurch können mit geeigneten Detektoranordnungen die Fluktuationen der EUV-Emission sowohl bezüglich Gesamtimpulsenergie als auch bezüglich räumlicher Änderungen erfasst werden, als ob diese in der Waferebene des Beleuchtungsstrahlenganges gemessen würden.

[0018] Mit der erfindungsgemäßen Anordnung ist es möglich, Schwankungen der emittierten Strahlung von EUV-Quellen zum Zwecke deren Regelung zu detektieren, die sowohl die Erfassung von Fluktuationen der Impulsenergie als auch von im Beleuchtungsstrahlengang wirksamen räumlichen Fluktuationen gestattet, ohne den Beleuchtungsstrahlengang zu stören.

[0019] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen:

[0020] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung der Erfindung mit separatem, zum Beleuchtungsstrahlengang entgegengesetzt angeordnetem Detektionsstrahlengang,

[0021] Fig. 2 eine Ausgestaltung der Erfindung mit zwei Detektoren zur getrennten Registrierung von Schwankungen der Gesamtimpulsenergie,

[0022] Fig. 3 eine schematische Darstellung des auf dem Energiedetektor 61 auftreffenden Strahlungsmusters,

[0023] Fig. 4 eine schematische Momentaufnahme eines auf dem zweiten Detektor 62 auftreffenden Strahlungsmusters,

[0024] Fig. 5 eine vorteilhafte Realisierung der Erfindung zur Trennung der Impulsenergieschwankungen von den Gesamtimpulsenergieschwankungen,

[0025] Fig. 6 eine schematische Momentaufnahme eines auf einem Quadrantendetektor auftreffenden Strahlungsmusters.

[0026] Die Erfindung besteht bei einer Grundanordnung einer EUV-Quelle, in der auf beliebige Weise eine heiße

Plasmasäule 1 erzeugt, einerseits aus einem Beleuchtungsstrahlengang 12 mit einer Kollektoroptik 7, die aus der Plasmasäule 1 emittierte EUV-Strahlung sammelt und zur Übertragung zu einem Anwendungsort (z. B. Scanner für Halbleiter-Lithographie, nicht dargestellt) überträgt, und andererseits aus einem Detektionsstrahlengang 13 mit einer Energiemonitoreinheit 6, auf die die emittierte EUV-Strahlung 11 über eine Reflexionsoptik 4 gerichtet wird.

[0027] In Fig. 1 ist ein vereinfachtes Gesamtschema der Erfindung dargestellt, wobei die Plasmasäule 1 beispielsweise durch eine gasentladungsgepumpte EUV-Quelle, z. B. mit Z-Pinch (nicht dargestellt), erzeugt wird. Die Plasmasäule 1 kann aber ebenso gut auch durch Laserstrahlung erzeugt werden.

[0028] Wie Fig. 1 verdeutlicht, wird gemäß der Erfindung der Lichtweg zum Scanner (oben als Beleuchtungsstrahlengang 12 benannt) von jeglichen Elementen zur Überwachung der emittierten EUV-Strahlung 11 dadurch freigehalten, dass der Lichtweg zur Energiemonitoreinheit 6 (Detektionsstrahlengang 13) in entgegengesetzter Richtung zum Beleuchtungsstrahlengang 12 aus der EUV-Strahlung 11 der Plasmasäule 1 ausgekoppelt wird. Dies ist aus Gründen der Symmetrie der Plasmasäule 1 besonders vorteilhaft, aber nicht zwingend.

[0029] Die in Fig. 1 linksseitig aus der Plasmasäule 1 austretende EUV-Strahlung 11 wird im Detektionsstrahlengang 13 mit Hilfe einer Reflexionsoptik 4 auf die Energiemonitoreinheit 6 abgebildet.

[0030] Dabei können Fehler, die infolge unterschiedlicher Auskopplungsorte und -optiken bei der Überwachung der Plasmafluktuation entstehen, durch geeignete Anpassungsmaßnahmen kompensiert werden. Das geschieht mittels der Apertur einer Blende 3, indem die Etendue vor der Reflexionsoptik 4 verändert wird, um den Detektionsstrahlengang 13 analog zu der im Beleuchtungsstrahlengang 12 vorgegebenen Apertur der Kollektoroptik 7 eines Anwendungsgerätes (z. B. eines oben erwähnten Scanners) anzupassen. Daraus folgt, dass die Lichtwege von Detektionsstrahlengang 13 und Beleuchtungsstrahlengang 12 bezüglich der geometrischen Verluste gleich sind. Dies muss sich ebenfalls in der Gleichheit aller übrigen Elemente im Detektionsstrahlengang 13 gegenüber dem Beleuchtungsstrahlengang 12 widerspiegeln. So sind z. B. enthaltene Debrisfilter 2 in gleicher Weise wie auch alle selektiven Spektralfilter 5 in beiden Strahlengängen 12 und 13 in Anzahl und Ausführung anzupassen.

[0031] In der Halbleiter-Lithographie sind Fluktuationen der Impulsenergie in der Waferebene wegen der geforderten Belichtungsgenauigkeiten unerwünscht. Solche Fluktuationen werden jedoch bei der EUV-Emission verursacht durch Energiefluktuation der Plasmasäule 1 und – wegen der begrenzten Apertur der Kollektoroptik 7 – durch Positions- und Winkelfluktuationen der emittierten EUV-Strahlung 11.

[0032] Die in Fig. 1 dargestellte Anordnung erzielt wegen der angepassten Etendue von Detektionsstrahlengang 13 und Beleuchtungsstrahlengang 12 den Effekt, dass ein Energiedetektor in der Energiemonitoreinheit 6 die gleichen Energiefluktuationen misst, wie sie in der Waferebene gemessen werden würden.

[0033] Fig. 2 zeigt eine vorteilhafte Gestaltung des Detektionsstrahlengangs 13, mit der zwei unterschiedliche Beiträge zur Gesamtimpulsenergie-Fluktuation (Impulsenergie-Fluktuation und Schwankungen der räumlichen Verteilung der EUV-Emission) getrennt gemessen werden können. Dazu weist die Energiemonitoreinheit 6 einen Energiedetektor 61 sowie einen zweiten Detektor 62 auf, wobei das von der Reflexionsoptik 4 übertragene Lichtbündel 41 mittels eines Spiegels 63 auf den Energiedetektor 61 umgelenkt wird.

Debrisfilter 2 und Spektralfilter 5 sind in Analogie zum Beleuchtungsstrahlengang 12 – wie zu Fig. 1 beschrieben – der Reflexionsoptik 4 vor- bzw. nachgeordnet. Die gewünschte Etendue des Beleuchtungsstrahlengangs 12 wird im Detektionsstrahlengang 13 durch die Apertur der Blende 3 und durch die effektive Fläche des Spiegels 3 bestimmt. Mittels der Blende 3 wird dabei die numerische Apertur der Kollektoroptik 7 des Beleuchtungsstrahlenganges 12 (nur in Fig. 1 dargestellt) simuliert.

[0034] Der Spiegel 3, der ein Multilayer-Spiegel oder ein Metallspiegel unter streifendem Einfall sein kann, reflektiert dabei den wesentlichen Anteil des Lichtbündels 41. Dieser in Fig. 2 mit durchgehenden Linien gezeichnete Teil des Lichtbündels 41 entspricht der idealen Etendue des Beleuchtungsstrahlengangs 12 zur optimalen Beleuchtung des Zielobjekts (Wafer).

[0035] Fig. 4 zeigt dazu die schematischen Verhältnisse der Beleuchtung des Energiedetektors 61. Der Lichtfleck 66 verkörpert den vom Spiegel 63 ausgekoppelten Anteil des Lichtbündels 41. Der Energiedetektor 61 erfasst somit die Gesamtimpulsenergie und deren Puls-zu-Puls-Schwankungen in Analogie zur Impulsenergie am Ort eines (nicht dargestellten) Wafers im Beleuchtungsstrahlengang 12. Der abgebildete Lichtfleck 66 des vom Spiegel 63 abgelenkten Lichtbündels 41 sollte dabei die lichtempfindliche Fläche 67 des Energiedetektors 61 nicht vollständig ausfüllen.

[0036] Räumliche Fluktuationen der Plasmasäule 1 führen bei der Übertragung über die Blende 3 und die Reflexionsoptik 4 zu einem fluktuierenden Bündelrand 42 (gestrichelt dargestellt) des Lichtbündels 41. Dieser fluktuierende Bündelrand 42 verfehlt den Spiegel 3. Ein so ausgewandeter Anteil des Lichtbündels 41 trifft somit nicht auf den Energiedetektor 61 und führt bei an sich gleicher emittierter EUV-Strahlung 11 der Plasmasäule 1 zu einer Verringerung der Impulsenergie in der Waferebene des Beleuchtungsstrahlengangs 12, die im Detektionsstrahlengang 13 durch den Ort des Energiedetektors 61 simuliert wird.

[0037] Der zweite Detektor 62 ist deshalb dafür vorgesehen, diesen Anteil der Strahlung des fluktuierenden Bündelrandes 42 aufzunehmen und daraus nachfolgend die reale Gesamtimpulsenergie sowie die örtlichen Schwankungen der emittierten EUV-Strahlung 11 getrennt zu bestimmen.

[0038] Eine schematische Momentaufnahme des am Spiegel 63 vorbeigehenden Lichtes in Form des fluktuierenden Bündelrandes 42 ist in Fig. 3 dargestellt. Dabei ist die lichtempfindliche Fläche 67 des zweiten Detektors 62 so eingerichtet, dass der Detektor 62 den vom fluktuierenden Bündelrand 42 verursachten "wandernden" Lichtfleck 66 mit Sicherheit erfasst. Der schwarz dargestellte Mittelkreis verkörpert den abgeschatteten Bündelkern 65; dessen Lichtanteil durch den Spiegel 63 vollständig auf den Energiedetektor 61 (in Fig. 4 weiß dargestellter Lichtfleck 66) ausgekoppelt wurde.

[0039] Eine weitere Ausführung des Detektionsstrahlengangs 13 ist der Fig. 5 entnehmbar. In diesem Beispiel enthält die Energiemonitoreinheit 6 lediglich einen Detektor sowohl zur Erfassung der Gesamtimpulsenergie-Schwankungen als auch zum Nachweis von Positions- und Richtungsfluktuationen der emittierten EUV-Strahlung 11. Dieser Detektor ist ein positionsempfindlicher Empfänger 68, z. B. eine Quadrantendiode, und ist der Reflexionsoptik 4 entlang deren optischer Achse nachgeordnet. Das aus der Reflexionsoptik 4 austretende Lichtbündel 41 muss dabei gegenüber der lichtempfindlichen Fläche 64 so dimensioniert sein, wie es die kleine Detailabbildung von Fig. 6 zeigt. Um Signalverfälschungen zu vermeiden, sind Auswanderungen des Lichtflecks 66 über den Rand des positionsempfindlichen Empfängers 68 – auch bei maximalen Aus-

maßen des fluktuierenden Bündelrandes 42 (gemäß Fig. 5) – unzulässig.

[0040] Fig. 6 zeigt eine Momentaufnahme des einfallenden Lichtbündels 41 inklusive eines fluktuierenden Bündelrandes 42, so dass der Lichtfleck 66 eine unregelmäßige und nicht symmetrische Lage auf den Quadranten 69 des positionsempfindlichen Empfängers 68 einnimmt. Die ideale Etendue der emittierenden Plasmasäule 1 würde eine Gleichverteilung der auf alle Quadranten 69 entfallenden Strahlungsanteile ergeben, so dass der Schwerpunkt des Lichtflecks 66 genau in der Mitte des Quadrantendetektors 68 läge.

[0041] Bei dieser Art der Energieüberwachung liefert die Summe der Energiebeiträge aller vier Quadranten 69 des Empfängers 68 die Gesamtimpulsenergie und die relativen Beiträge der einzelnen Quadranten 69 geben Information über den Schwerpunkt der räumlichen Verteilung der Strahlungsemission.

[0042] Es sind weitere Gestaltungsvarianten der Erfindung möglich, ohne den Rahmen dieser Erfindung zu verlassen. Ausgegangen wurde in den vorhergehend beschriebenen Beispielen von einer in einem separaten Detektionsstrahlengang 13 befindlichen Energiemonitoreinheit 6, die wenigstens eine Detektion der Gesamtimpulsenergie sowie eine Detektion von Schwankungen der Positions- und Winkelgröße der aus einer Plasmasäule 1 emittierten EUV-Strahlung 11 beinhalten. Dabei sind beliebige andere Sensorprinzipien, die nicht ausdrücklich erwähnt sind, gleichfalls klar als zur erfindungsgemäßen Lehre gehörig zu verstehen, solange sich diese ohne erfinderisches Zutun in einem gleichartigen separaten Detektionsstrahlengang 13 anordnen lassen, der an die Apertur- und geometrischen Verlustverhältnisse eines konstant zu haltenden Beleuchtungsstrahlengangs 12 angepasst ist (z. B. zur Einhaltung einer isotropen Strahlungscharakteristik für die Dosisstabilität in der EUV-Lithographie).

Liste der verwendeten Bezugszeichen

- 1 Plasmasäule
- 11 EUV-Strahlung
- 12 Beleuchtungsstrahlengang
- 13 Detektionsstrahlengang
- 2 Debris-Filter
- 3 Blende
- 4 Reflexionsoptik
- 41 ideales Lichtbündel
- 42 fluktuierender Bündelrand
- 5 Spektralfilter
- 6 Energiemonitoreinheit
- 61 Energiedetektor
- 62 zweiter Detektor
- 63 (ebener) Spiegel
- 64 reflektiertes Bündel
- 65 abgeschatteter Bündelkern
- 66 Lichtfleck
- 67 lichtempfindliche Fläche
- 68 positionsempfindlicher Empfänger
- 7 Kollektoroptik

Patentansprüche

1. Anordnung zur Überwachung der Energieabstrahlung einer EUV-Strahlungsquelle bezüglich in einem Beleuchtungsstrahlengang wirksamer Energieschwankungen, wobei die Strahlungsquelle eine extrem ultraviolette Strahlung emittierende Plasmasäule aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass

ein zum Beleuchtungsstrahlengang (12) separater Detektionsstrahlengang (13) mit einer Energiemonitoreinheit (6) zur Detektion der Impulsenergie angeordnet ist, so dass der Beleuchtungsstrahlengang (12) durch die Energiemessung nicht beeinträchtigt wird, und der Detektionsstrahlengang (13) bezüglich Bündelausdehnung und optischer Verluste an den Beleuchtungsstrahlengang (12) angeglichen ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektionsstrahlengang bezüglich der Plasmasäule (1) entgegengesetzt zum Beleuchtungsstrahlengang (12) angeordnet ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Etendue des Detektionsstrahlenganges (13) mittels einer Blende (3) mit definierter Apertur an die Apertur der ersten Kollektroptik (7) des Beleuchtungsstrahlengangs (12) angeglichen ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Apertur der Blende (3) einstellbar ist.

5. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sämtliche im Beleuchtungsstrahlengang (12) erforderlichen Filter (2; 5) in äquivalenter Weise im Detektionsstrahlengang (13) angeordnet sind.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Beleuchtungs- und im Detektionstrahlengang (12; 13) gleiche Debris-Filter (2) vorhanden sind.

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Beleuchtungs- und im Detektionstrahlengang (12; 13) gleiche Spektralfilter (5) vorhanden sind.

8. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiedetektoreinheit (6) einen Energiedetektor (61), der mit seiner lichtempfindlichen Fläche (67) vollständig innerhalb des von der Reflexionsoptik (4) des Detektionsstrahlengangs (13) übertragenen Lichtbündels (41) angeordnet ist, sowie einen zweiten Detektor (62) aufweist, dessen lichtempfindliche Fläche (67) vom Randbereich (42) des Lichtbündels (41) des Detektionsstrahlengangs (13) nur teilweise beleuchtet ist, so dass Schwankungen der Lage des Lichtbündels (41) infolge von Fluktuationen der räumlichen Verteilung der emittierten EUV-Strahlung (11) quantifizierbar sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein wesentlicher zentraler Teil (64) des Lichtbündels (41) mittels eines ebenen Spiegels (63) auf den Energiedetektor (61) abgelenkt wird, wobei der Energiedetektor (61) entlang der abgewinkelten optischen Achse des von der Reflexionsoptik (4) ausgehenden Lichtbündels (41) angeordnet ist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der ebene Spiegel (63) ein Mehrschichtspiegel ist, der das Lichtbündel (41) orthogonal zur Achse der Reflexionsoptik (4) ablenkt.

11. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der ebene Spiegel (63) ein Metallspiegel bei streifendem Lichteinfall ist.

12. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiedetektoreinheit (6) einen positionsempfindlichen Empfänger (68) zur gleichzeitigen Detektion von Gesamtimpulsenergie und Schwankungen der räumlichen Verteilung der Emission EUV-Strahlung (11) aufweist, wobei die Gesamtimpulsenergie durch Summenbildung und Änderungen der räumlichen Verteilung durch Schwerpunktberechnung aus unterschiedlichen Segmenten des Empfängers (68) ermittelbar sind.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der positionsempfindliche Empfänger

(68) eine Quadrantblende ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

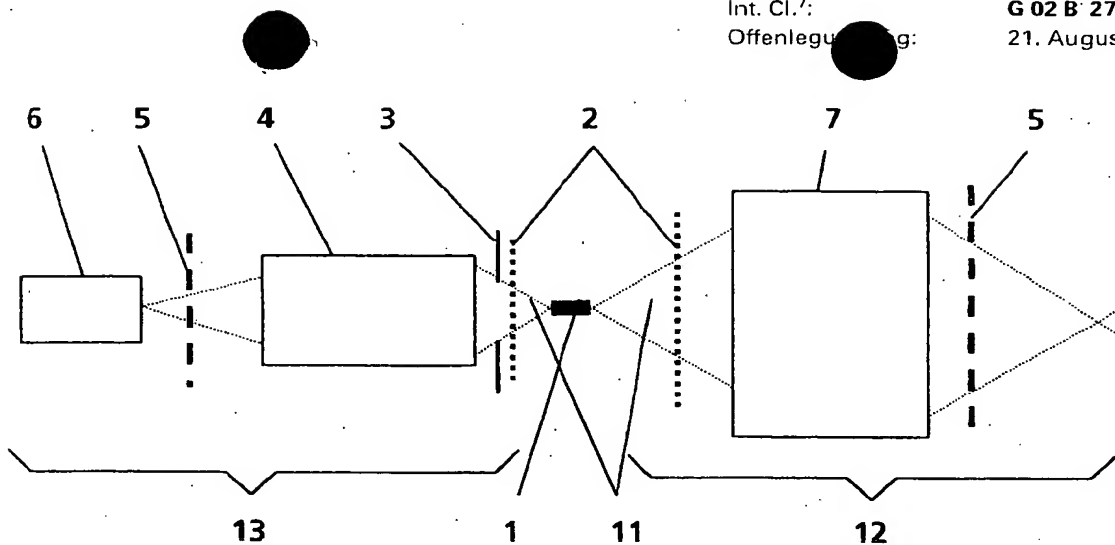


Fig. 1

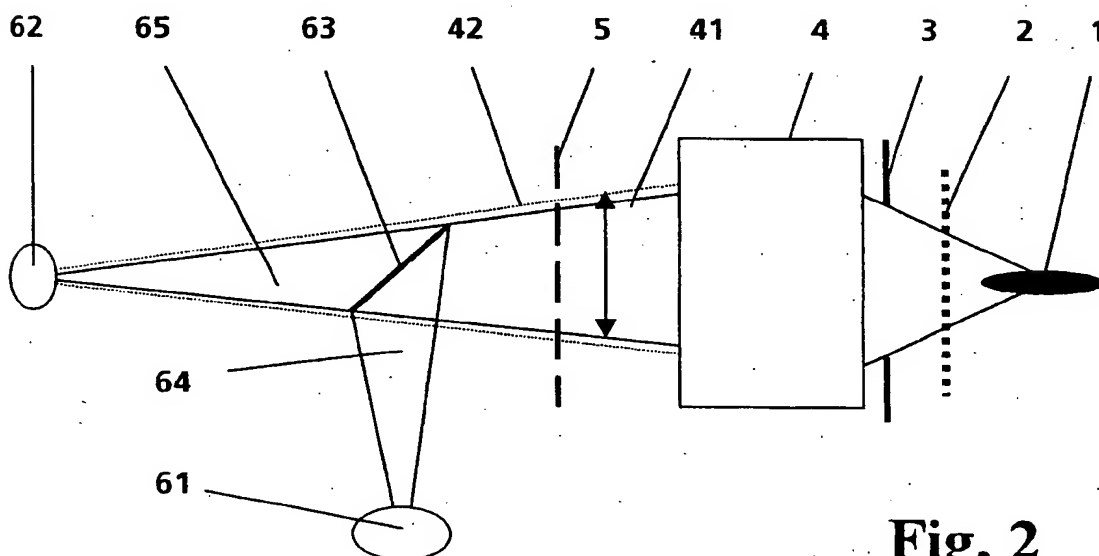


Fig. 2

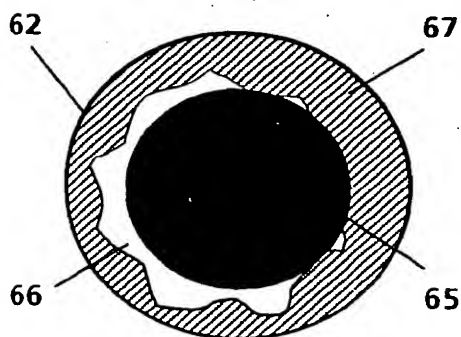


Fig. 3

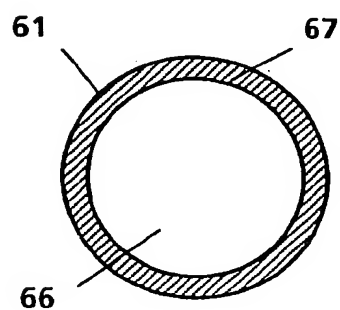


Fig. 4

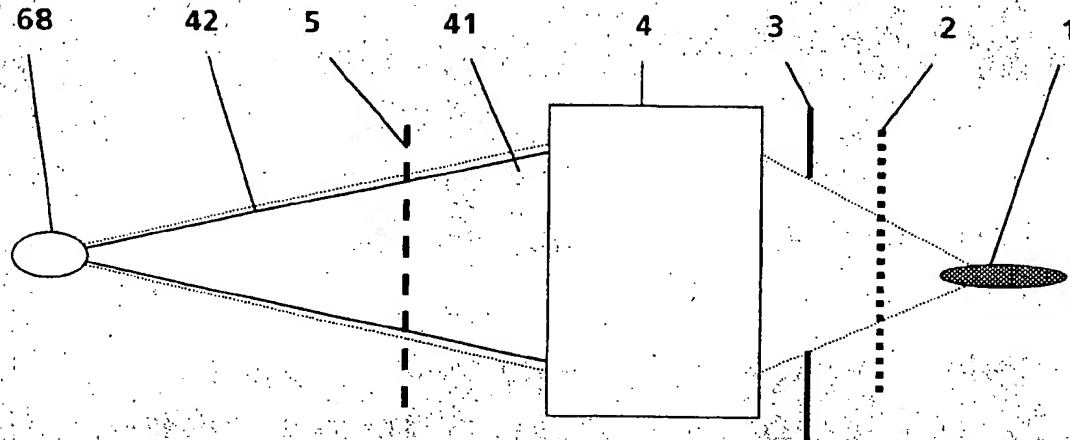


Fig. 5

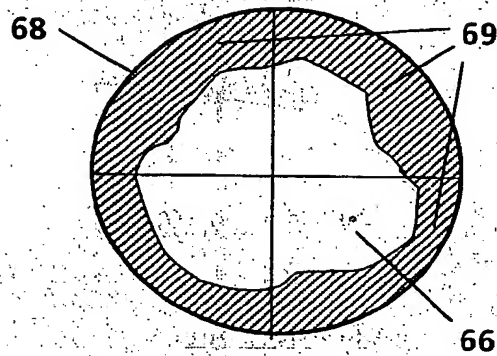


Fig. 6